

Erich Henker

# **Fahrwerktechnik**

**Grundlagen, Bauelemente, Auslegung**

Mit 369 Bildern und 53 Tafeln



Friedr. Vieweg & Sohn

Braunschweig/Wiesbaden

# Inhaltsverzeichnis

## 1 Gesamtfahrzeug

1.1	Allgemeines .....	1
1.1.1	Entwicklung und Aufgaben des Fahrwerks, Abgrenzung von den anderen Baugruppen des Kraftfahrzeugs .....	1
1.1.2	Definitionen .....	3
1.1.3	Bauvorschriften .....	13
1.1.4	Normen und Empfehlungen .....	31
1.2	Fahrverhalten .....	48
1.2.1	Fahren als Regelvorgang .....	48
1.2.2	Fahrstabilität .....	52
1.2.2.1	Richtungsstabilität .....	52
1.2.2.2	Bauteile und Größen, die besonderen Einfluß haben ...	61
1.2.2.3	Seitenwindstabilität .....	65
1.2.2.4	Rutsch- und Kippgrenzen .....	66
1.2.2.5	Sonderfälle der Fahrstabilität .....	73
1.3	Fahrzeugschwingungen .....	74
1.3.1	Eigenfrequenzen .....	76
1.3.2	Nick- und Wogschwingungen .....	80
1.3.3	Berechnung der Fahrzeugschwingungen .....	81
1.4	Untersuchungen am Fahrzeug und am Fahrsimulator .....	84
1.5	Fahrzeugkonzeptionen .....	90
1.5.1	Fahrzeuge mit Standardantrieb .....	90
1.5.2	Fahrzeuge mit Antrieb über Transaxle .....	91
1.5.3	Fahrzeuge mit Hecktriebsatz .....	92
1.5.4	Fahrzeuge mit Frontriebsatz .....	93
1.5.5	Fahrzeuge mit Allradantrieb .....	97

## 2 Radaufhängung

2.1	Aufgabe und Funktion .....	103
2.1.1	Rad- und Achskinematik .....	105
2.1.1.1	Bedeutung der Kinematik .....	105
2.1.1.2	Entwicklung verschiedener Untersuchungsmethoden ..	107
2.1.1.3	Rollzentrum (auch Momentanpol oder Wankzentrum) .	108
2.1.1.4	Nickzentrum .....	120
2.1.1.5	Rollsteuereffekt .....	129
2.1.1.6	Gütegrad der Seitenkraftverteilung .....	130
2.1.1.7	Kinematik der Radaufhängungen mit einem Lenker ...	138
2.1.1.8	Messung der Kinematik .....	144
2.1.2	Elastizitäten .....	148
2.1.2.1	Erwünschte und unerwünschte Elastizitäten .....	148
2.1.2.2	Elastische Elemente der Radaufhängung .....	153

2.1.3	Teile der Radaufhängung .....	158
2.1.3.1	Glieder (Schwenklager, Lenker, Achsschenkel, Radträger und Nabe) .....	158
2.1.3.2	Lager .....	165
2.1.3.3	Schrauben .....	172
2.2	Beispiele praktisch ausgeführter Radaufhängungen .....	180
2.2.1	Starrachsen .....	180
2.2.2	Einzelradaufhängungen mit nur einem Lenker pro Rad .....	186
2.2.2.1	Torsionskurbelachsen und Verbundlenkerachsen .....	186
2.2.2.2	Längslenkerachsen .....	189
2.2.2.3	Schrägpennelachsen .....	190
2.2.2.4	Pendelachsen .....	195
2.2.3	Einzelradaufhängungen mit mehr als einem Lenker .....	196
2.2.3.1	Doppelquerlenkerachsen .....	196
2.2.3.2	Doppellenkerachsen allgemein .....	197
2.2.3.3	Feder- und Dämpferbeinachsen .....	198
2.2.3.4	Fünflenkerachsen, Raumlenerkerachsen .....	202

### 3 Federung und Dämpfung

3.1	Arbeitsaufnahmevermögen .....	208
3.2	Federn aus Stahl .....	211
3.2.1	Blattfedern .....	213
3.2.2	Schraubenfedern .....	217
3.2.2.1	Ausbildung des Federendes .....	220
3.2.2.2	Ausführung der Federauflage (Federteller) .....	220
3.2.2.3	Untersuchungsmethode zur Ermittlung geeigneter Abwälzbahnen für den Federteller .....	222
3.2.2.4	Die Bewegungsbahn des Federtellers .....	223
3.2.2.5	Schraubenfedern mit progressiver Kennlinie .....	226
3.2.3	Drehstabfedern .....	227
3.2.4	Stabilisatoren .....	230
3.2.5	Anwendungsbeispiele für Stahlfedern .....	232
3.3	Federn aus anderen Werkstoffen .....	237
3.3.1	Gummi- und Elastomerfedern .....	237
3.3.2	GFP-Federn .....	242
3.3.3	Luftfedern .....	245
3.3.4	Hydropneumatische Federn .....	248
3.3.5	Ölfedern .....	256
3.4	Schwingungsdämpfer .....	258
3.4.1	Allgemeines .....	258
3.4.2	Aufbau der Schwingungsdämpfer .....	259
3.4.2.1	Zweirohr-Teleskopstoßdämpfer .....	259
3.4.2.2	Einrohr-Teleskopstoßdämpfer .....	259
3.4.2.3	Sonstige Dämpferausführungen .....	261
3.4.3	Stoßdämpfer mit regelbarer Dämpfung .....	262

## 4 Reifen und Räder

4.1	Allgemeines	267
4.1.1	Einfluß auf die Sicherheit	267
4.1.2	Einfluß auf die Wirtschaftlichkeit	267
4.1.3	Einfluß auf den Fahrkomfort	268
4.1.4	Aufbau des Reifens	269
4.2	Reifen-Schräglaufrüfstand	276
4.2.1	Prüfstandsufbau	276
4.2.2	Technische Daten	278
4.3	Durchführung der Versuche	278
4.4	Meßergebnisse	279
4.4.1	Wertung der Meßergebnisse	279
4.4.2	Schräglaufseitenkraft	280
4.4.2.1	Einfluß der Radlast auf die Schräglaufseitenkraft	282
4.4.2.2	Zusammenhänge über die Schräglaufseitenkraft in anderer Darstellung	289
4.4.2.3	Auswirkung geminderter Fahrbahnhaftung	299
4.4.3	Sturzseitenkraft	300
4.4.4	Weitere Meßgrößen von Reifen	303
4.4.4.1	Andere Darstellungen des Schräglaufverhaltens	303
4.4.4.2	Rollwiderstand	306
4.4.4.3	Reifenfederung	312
4.5	Reifenungleichförmigkeit	313
4.6	Bewertung der Elastokinematik der Radaufhängungen	317
4.7	Räder	322
4.7.1	Felgen	322
4.7.2	Schüssel oder Scheibe	324
4.7.3	Leichtmetallräder	328
4.7.3.1	Gegossene Aluminiumräder	328
4.7.3.2	Geschmiedete Aluminiumräder	329

## 5 Lenkung

5.1	Allgemeines	
5.1.1	Lenkung als das vom Fahrer am häufigsten betätigte Stellglied	331
5.1.2	Lenkprinzipien	332
5.2	Lenkungsauslegung	338
5.2.1	Radstellung der gelenkten Räder	338
5.2.2	Lenkgeometrie	340
5.2.3	Lenkgeometrie unter Berücksichtigung der Steuerungstendenz und des Gütegrades der Seitenkraftverteilung	345
5.3	Aufbau der Lenkung (Achsschenkellenkung)	
5.3.1	Achsschenkel	355
5.3.2	Spurstangenhebel bis Lenkgetriebe	358

5.3.3 Lenkgetriebe .....	361
5.3.3.1 Zahnstangenlenkgetriebe .....	361
5.3.3.2 Zahnstangenhydrolenkgetriebe .....	364
5.3.3.3 Lenkgetriebe ohne Lenkkraftunterstützung .....	366
5.3.3.4 Kugelmutterhydrolenkung .....	366
5.3.4 Lenksäule mit Lenkrad .....	369
5.3.5 Allradlenksysteme .....	369

## 6 Ausblick

6.1 Allgemeines .....	374
6.2 Sicherheit .....	376
6.2.1 Aktive Sicherheit des Fahrzeuges .....	376
6.2.2 Aktive Sicherheit, von der Fahrbahn ausgehend .....	382
6.2.3 Passive Sicherheit .....	383
6.3 Nutzung der Energiereserven .....	383
6.3.1 Fahrwiderstände .....	383
6.3.2 Fahrwerke für neue Antriebskonzeptionen .....	384
6.4 Wirtschaftliche Konstruktion, Fertigung und Montage .....	386
6.5 Umweltschutz .....	386
6.6 Fahrkomfort .....	386
6.7 Zuverlässigkeit .....	391

<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>393</b>
<b>Tafelverzeichnis .....</b>	<b>399</b>
<b>Bildquellen .....</b>	<b>400</b>
<b>Sachwortverzeichnis .....</b>	<b>401</b>